

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Informe Final de Servicio Social

**Evaluación de los cambios fisiológicos del músculo y fisicoquímicos de la
carne de pescado sometidos a diferentes métodos de aturdimiento**

Prestador de Servicio Social:

Liliana de la Luz Morales Fonseca

Matrícula: 2163027274

2163027274@alumnos.xoc.uam.mx

Asesor Interno:

Mtra. Araceli Cortes García

Núm. Económico: 30287

acortes@correo.xoc.uam.mx

Asesor Externo:

Dra. Esmeralda Mónica Peña González

Núm. Económico: 41632

epena@correo.xoc.uam.mx

Fecha y lugar de realización:

01/04/2022 - 01/10/2022

Laboratorio Veterinario de Ciencia de la Carne y Salud Pública (LVCCySP),
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Calz. del Hueso 1100,
Coapa, Villa Quietud, Coyoacán, 04960, Ciudad de México.

ÍNDICE

I. RESUMEN	4
II. INTRODUCCIÓN	4
III. MARCO TEÓRICO	5
III.1. Producción acuícola.....	5
III. 2. Bienestar animal en peces	6
III. 3. Características del músculo de la trucha arcoíris	7
III. 4. Efecto del método de aturdimiento en el músculo y su conversión en carne.....	7
III. 5. Cambios en los factores fisiológicos de la trucha arcoíris por el aturdimiento ..	9
III. 6. Rendimiento de la canal de trucha arcoíris	9
III. 7. Determinación fisicoquímica de la carne de trucha arcoíris	10
IV. OBJETIVOS	11
V. METODOLOGÍA	11
V. 1. Obtención de muestras.....	11
V. 2. Evaluación del rendimiento de las truchas.....	12
V. 3. Evaluación de las variables fisicoquímicas.....	12
VI. ACTIVIDADES	13
VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS	14
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
VIII. 1. Condiciones fisiológicas del músculo de trucha arcoíris.....	15
VIII. 2. Rendimiento de canal de trucha arcoíris.....	16
VIII. 3. Características fisicoquímicas de la carne de trucha arcoíris.....	18
IX. CONCLUSIÓN	20
X. RECOMENDACIONES	20
XI. AGRADECIMIENTOS	21
XII. REFERENCIAS	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Mediciones morfológicas de la trucha arcoíris.....	16
Cuadro 2. Resultados de las variables de rendimiento de la canal de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) sometida a diferentes métodos de aturdimiento	17
Cuadro 3. Resultados de los cambios fisicoquímicos de la carne de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) sometida a diferentes métodos de aturdimiento	19

I. RESUMEN

La calidad de la carne de pescado se ve afectada por estrés previo al sacrificio y el método de aturdimiento produce modificaciones en las características fisicoquímicas de la carne por cambios en el metabolismo muscular, en la glucólisis anaerobia y la degradación del ATP, favoreciendo su deterioro. En este estudio se evaluó el efecto del método de aturdimiento sobre la calidad de la carne y los cambios fisiológicos de la trucha arcoíris. Se utilizaron 15 truchas arcoíris de aproximadamente 300-450 g, obtenidas del centro acuícola el Zarco, estas fueron seleccionadas y asignadas al azar (n=5) a uno de tres métodos de aturdimiento (T1 percusión, T2 electrocución y T3 congelamiento), se determinó el rendimiento de la canal y en la carne el pH, color, actividad de agua (aw), Capacidad de Retención de Agua (CRA), Pérdida Por Cocción (PPC), Pérdida por Goteo (PG) y Textura (Esfuerzo de corte); el análisis estadístico se realizó con el procedimiento GLM del software SAS® System 9.0. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en el pH y la CRA ($P < 0.0001$) siendo el método de percusión el que reportó los menores valores (5.79 y 66.40% respectivamente). Con respecto al color en la coordenada de luminosidad (L^*) las diferencias ($P < 0.05$) se presentaron entre los tratamientos de percusión (52.67) y congelamiento (54.60). Con respecto a la textura, los resultados de Esfuerzo de corte (0.81 kg/f) mostraron valores menores en el tratamiento por percusión. Los cambios de pH se relacionan con eventos estresantes dando como resultado un color claro de la carne y mayor pérdida de líquidos. Por lo que, el aturdimiento por percusión afectó el pH, CRA y la luminosidad de la carne de trucha arcoíris.

Palabras clave. Aturdimiento, Calidad, Rendimiento.

II. INTRODUCCIÓN

La calidad de la carne de pescado es fundamental desde una perspectiva económica, determinante en el precio y para la aceptación del consumidor. La principal característica que establece la satisfacción del consumidor es el color (Öztürk *et al.*, 2019). De acuerdo con Bermejo-Poza *et al.*, (2021) hay puntos críticos en la producción acuícola que comprometen la calidad de la carne, por ejemplo, el estrés producido durante el aturdimiento es uno de los importantes. En este sentido, la calidad de la carne depende de las condiciones *ante mortem* y del manejo *post mortem* por lo que, es necesario comprender los cambios que tienen lugar a esta

transformación para asegurar la calidad final, así mismo, la preocupación por el bienestar es un aspecto ético estrechamente relacionado con la misma (Hui *et al.*, 2013; Venturini *et al.*, 2018). Un pez que muere luchando bajo condiciones de estrés presenta niveles altos de ácido láctico en su carne, los cuales motivan un descenso del pH (Salazar-Duque *et al.*, 2019).

Con relación al método de aturdimiento en los peces éste se realiza de diversas maneras como; percusión, asfixia en hielo o aire, aturdimiento eléctrico y narcosis con CO₂ (Concollato *et al.*, 2018; Longteng *et al.*, 2019). Tanto el aturdimiento por percusión como el eléctrico se han destacado como métodos que se pueden utilizar para dejar rápidamente inconscientes a los peces antes del sacrificio (Hjelmstedt *et al.*, 2022). La inmersión en hielo es ampliamente utilizada en especies de aguas cálidas, porque la diferencia de temperatura disminuye el tiempo hasta la pérdida de la función cerebral (Bermejo-Poza *et al.*, 2021). La respuesta al estrés en los peces generalmente se caracteriza por una mayor actividad muscular, esto conduce inevitablemente al agotamiento de una gran cantidad de reservas de energía en los músculos y cambios significativos en el curso normal del metabolismo muscular post mortem (Daskalova, 2019).

III. MARCO TEÓRICO

III. 1. Producción acuícola

La acuicultura se define como la producción de cualquier ser vivo en el medio acuático, es decir, se refiere al conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de cultivo de especies acuáticas vegetales y animales de agua dulce o salada, en el medio mismo o en instalaciones controladas (Greaves, 2015; Platas *et al.*, 2017).

A nivel mundial, la acuicultura es relevante debido a que es una fuente de alimentos con un alto aporte nutricional para la población y una fuente de ingresos económicos para millones de personas (Bentazo *et al.*, 2020). En México es la actividad productiva con mayor crecimiento en el sector agropecuario, el cual presentó un crecimiento anual del 5,8% durante el período de 2000 a 2018 (Bentazo *et al.*, 2021). A finales del 2021 alcanzó una producción de 1.9 millones de toneladas (SADER, 2021). Las especies principales que se producen son el camarón (*Penaeus vannamei*) (agua salada), tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), bagre (*Ictalurus punctatus*) y carpa (*Cyprinus carpio*) (Platas *et al.*, 2017).

En específico, la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* es un salmónido nativo de los ríos de la costa del Pacífico y se distribuye desde el sur de Alaska y hasta el noroeste de México (Hernández y Carrillo, 2018). A finales del siglo XIX, el Estado de México fue una de las regiones del sector rural en donde se estableció el cultivo de la trucha para diversificar las prácticas agropecuarias como actividad secundaria (Sepúlveda *et al.*, 2021), tiene una producción anual acuícola de más de 22 mil 700 toneladas, con un valor superior a los mil 200 millones de pesos, además el Centro Acuícola “El Zarco”, referente nacional en la crianza de truchas, se encuentran 93 estanques que albergan 2 mil 500 organismos reproductores (SADER, 2018). A nivel nacional se produce alrededor de 3 mil 898 toneladas en 18 estados del país (SADER, 2021).

III. 2. Bienestar animal en peces

La preocupación relacionada con el bienestar del pescado y la calidad de la carne comenzó sólo después de la década de 1990, adicionalmente el momento de la muerte es uno de los pasos de mayor relevancia, puesto que el estrés producido durante el aturdimiento puede comprometer la calidad (Oliveira, 2015).

El concepto de bienestar incluye estándares que se basan en las cinco libertades, sin embargo, medir el bienestar en los peces puede ser difícil por dos razones principales; la primera está relacionada con la falta de consenso sobre si los peces pueden sentir dolor y ansiedad. La segunda está asociada con la necesidad de metodologías objetivas para evaluar el impacto, es decir, en los procedimientos *ante mortem*, el aturdimiento, métodos de matanza y la calidad de la carne de pescado (Daskalova, 2019).

Así mismo, las especies de peces son sensibles a los estímulos externos y pueden percibir el estrés en las prácticas de manejo acuático, como la inanición, el hacinamiento, el manejo y el aturdimiento (Longteng *et al.*, 2019). En este sentido, la calidad de la carne, cantidad y eficiencia depende de las condiciones *ante mortem* y del manejo *post mortem*, por lo que, es necesario comprender los cambios que tienen lugar a esta transformación para asegurar la calidad final, de igual forma, la preocupación por el bienestar es un aspecto ético que está estrechamente relacionado con la misma, puesto que causa percepción y aceptación del producto al consumidor (Hui *et al.*, 2013; Mejía *et al.*, 2016; Venturini *et al.*, 2018).

III. 3. Características del músculo de la trucha arcoíris

Los principales músculos de los peces están dispuestos a lo largo de los costados del tronco y de la cola, cada masa muscular está compuesta por una serie de segmentos entrecruzados. Desde el punto de vista de su inserción, existen dos clases: esquelético y no esquelético (Vázquez, 2017).

El músculo esquelético contribuye a la fuerza física y al rendimiento, la trucha arcoíris exhibe un crecimiento indeterminado que dura toda la vida con una acumulación continua de músculos. La mayor parte de este músculo consiste en fibras musculares blancas (anaeróbicas, altamente glucolíticas, de contracción rápida) que, debido a una vascularización relativamente pobre, favorecen la glucólisis anaeróbica la cual es una fuente para la producción rápida de ATP. Además, exhiben una baja concentración de mioglobina, mitocondrias y gotitas de lípidos (Grunow *et al.*, 2021).

III. 4. Efecto del método de aturdimiento en el músculo y su conversión a carne

En la elección del método de aturdimiento se debe tener en cuenta la información disponible para la especie y se debe referir que la eficacia del aturdimiento se verifica cuando la pérdida de conciencia es inmediata e irreversible (OIE, 2021). En los peces se puede aplicar diversos métodos de aturdimiento como; percusión, asfixia en hielo o aire, aturdimiento eléctrico y narcosis con CO₂ (Concollato *et al.*, 2018; Longteng *et al.*, 2019). Tanto el aturdimiento por percusión como el eléctrico se han destacado como métodos que se pueden utilizar para dejar rápidamente inconscientes a los peces antes del sacrificio (Hjelmstedt *et al.*, 2022).

El aturdimiento eléctrico causa actividad epileptiforme o supresión completa de la función nerviosa, lo que resulta en la inconsciencia inmediata y la insensibilidad al dolor (Venturini *et al.*, 2018). La inmersión en hielo es ampliamente utilizada en especies de aguas cálidas, la diferencia de temperatura en comparación con los tanques de retención disminuye el tiempo hasta la pérdida de la función cerebral (Bermejo-Poza *et al.*, 2021).

El aturdimiento de peces se considera un procedimiento extremadamente estresante y el estrés derivado puede causar efectos nocivos en la integridad *post mortem* de las proteínas relacionadas con la homeostasis redox y la estructura citoesquelética, lo que podría inducir cambios en las propiedades funcionales (Longteng *et al.*, 2019). La respuesta al estrés en los peces generalmente se caracteriza por una mayor actividad muscular (natación, lucha y comportamiento de escape). Esto conduce

inevitablemente al agotamiento de una cantidad de reservas de energía en los músculos y cambios significativos en el curso normal del metabolismo muscular *post mortem* (Daskalova, 2019).

En este sentido, los peces en respuesta a estos estímulos nocivos exhiben reacciones neuroendocrinas y fisiológicas inconscientes controladas principalmente por el tronco encefálico, la médula espinal y otras regiones cerebrales subcorticales. La respuesta primaria al estrés incluye principalmente cambios endocrinos manifestados por niveles elevados de cortisol, catecolaminas y corticosteroides en el torrente sanguíneo (Davie y Kopf, 2006; Daskalova, 2019). Lo cual, repercute negativamente en el metabolismo de los peces y en la aparición del rigor mortis, además está asociado con la producción de radicales libres que promueven la oxidación de la grasa en los tejidos, lo cual altera la calidad y vida de anaquel (Díaz y Robotham, 2015).

De acuerdo con Concollato *et al.*, (2018), de la Cruz-Cruz *et al.*, (2018) y Longteng *et al.*, (2017) un aturdimiento inadecuado causa altos niveles de estrés durante la muerte en consecuencia hay procesos que conducen a alteraciones hormonales, osmoreguladoras, energéticas y bioquímicos que dan como resultado la secreción de cortisol plasmático, oxidación lipídica, degradación de proteínas, el incremento en la actividad muscular y modificación en los cambios post mortem, por ejemplo; disminución de las reservas de ATP en el músculo, alteración en el descenso del pH, acumulación de ácido láctico, cambios en la instauración y resolución del *rigor mortis*, efectos sobre la textura, color percibido y la vida útil. Todo lo anterior, puede comprometer la calidad de la carne.

La conversión de los músculos a carne tiene lugar después de que el pez ha sido sacrificado debido a que cesa la contracción muscular, por consiguiente, no se considera una etapa rápida hasta llegar al *rigor mortis* (periodo de acondicionamiento o maduración) ya que es necesario que las fibras musculares no dispongan de energía para que pierdan su integridad (Vázquez, 2017).

En términos de metabolismo muscular *post mortem*, se pueden observar dos cambios; el estrés agudo y la actividad muscular vigorosa antes del sacrificio conducen a un aumento de la glucólisis anaeróbica por una producción elevada de ácido láctico y un pH muscular bajo. Si las condiciones de estrés se repiten el ácido láctico producido se eliminará y las reservas de energía se agotarán, como resultado, habrá un pH muscular alto e invariable en el tiempo debido a la falta de sustrato para la glucólisis anaeróbica (Daskalova, 2019). Debido al *rigor mortis*, los músculos se

tornan consistentes por la unión irreversible de miosina y actina para formar actomiosina. Cuando hay una formación en exceso de los enlaces cruzados entre filamentos gruesos y delgados provoca dureza en la carne (Vázquez, 2017).

III. 5. Cambios en los factores fisiológicos de la trucha arcoíris por el aturdimiento

Las respuestas al estrés incluyen a los cambios fisiológicos tanto a nivel celular como a nivel de organismo, por lo tanto, la respuesta primaria a un estímulo estresor es por medio de la activación de la vía neuroendocrina del eje-hipotálamo-simpático (HPC) y de la vía del eje hipotalámico-hipofisiario-interrenal (HPI) ya que en los peces el conjunto de órganos que responden ante el estrés es denominado de esta manera (Zevallos, 2018). Al secretarse ACTH (hormona adrenocorticotropa) a la sangre actúa sobre el tejido interrenal y así promueve la liberación de cortisol al torrente sanguíneo, el cortisol se considera como un indicador de estrés confiable incluso en factores estresantes de acción corta, sin embargo, los cambios fisiológicos y metabólicos suelen depender de la duración de la exposición al cortisol (Zevallos, 2018; Daskalova, 2019).

Por otro lado, la concentración de glucosa en plasma también es utilizada como un biomarcador. Debido a que la adrenalina como el cortisol están relacionados con el aumento de la producción de glucosa en los peces, estos desempeñan un papel clave en la hiperglucemia inducida por el estrés, sin embargo, se observa un retraso en la liberación de este metabolito en el torrente sanguíneo (Venturini *et al.*, 2018).

Además del cortisol y la glucosa, también se utiliza el lactato como indicador de respuesta al estrés ya que es liberado al plasma como consecuencia de una mayor movilización de energía. Además, el incremento de la actividad muscular en los peces, producido por prácticas de manejo inicia con la glucólisis terminando con la formación de lactato producto de la degradación del piruvato (Bermejo *et al.*, 2017).

III. 6. Rendimiento de la canal de trucha arcoíris

El rendimiento o rendimiento en canal es la relación que existe entre el peso vivo y el peso de su canal al sacrificio una vez removidas la piel, cabeza, vísceras, etc. lo que significa la cantidad total de carne aprovechable y vendible expresada como porcentaje del peso vivo del animal (Pérez y Villar, 2022). Generalmente la trucha arcoíris se comercializa con un peso de 250 g como mínimo, siendo el rango ideal de

250-300 g ya que cuenta con tejido magro, además de un excelente rendimiento en filete (Vázquez, 2017).

III. 7. Determinación fisicoquímica de la carne de trucha arcoíris

La combinación de actina y miosina, la disociación en actomiosina, la proteólisis causada por la catepsina y los cambios relevantes en las propiedades de la textura ocurren especialmente en el *rigor mortis* y afectan fuertemente la calidad de la carne de los peces (Longteng *et al.*, 2017). Además, esta calidad se deteriora debido al crecimiento microbiano y a las reacciones bioquímicas durante el período *post mortem* antes mencionadas (Song *et al.*, 2015).

En relación a la capacidad de un filete para retener agua, este es un índice de jugosidad y está íntimamente relacionado a los cambios estructurales de las proteínas musculares, ya que el agua tiene una gran influencia en los atributos sensoriales y vida de anaquel del pescado, por lo tanto, la capacidad de retención de agua (CRA) brinda información acerca del estado de deterioro de las proteínas del músculo y de la funcionalidad de las mismas (Cuevas *et al.*, 2015).

Por otra parte, como resultado de estos eventos otro de los indicadores para medir la capacidad de retención de agua es la Pérdida por Goteo (PG), la cual refleja el grado de pérdida de jugosidad de la carne (Song *et al.*, 2015). Otro método, es la Pérdida por Cocción (PCC) que se denomina como la pérdida de líquido y materia soluble liberada al momento de la cocción de la carne, sin embargo, el componente principal que se pierde durante este es agua. La pérdida de agua depende de la calidad de la carne cruda, la temperatura central y el procedimiento de cocción, que está relacionada con la jugosidad, por lo que una pérdida alta de cocción resulta en un consumo menos óptimo (Aaslyng *et al.*, 2003).

El color está determinado por el contenido de hemoproteínas y varía de rojo a marrón. Al respecto, la industria considera que los filetes blancos son de alta calidad, mientras que, el color rosado y rojo significan técnicas de sangrado deficientes, el color amarillo está asociado con la calidad baja y probablemente ocurre debido a la mala calidad del agua en la que se cultivaron los peces (Kulawik *et al.*, 2016).

A diferencia de la carne de mamíferos que muestra una fuerte caída *post mortem* en el pH, la carne de pescado es pobre en glucógeno y la disminución del pH *post mortem* es significativamente menor, el pH final en algunos peces puede ser tan bajo

como 5.4–5.6, aunque la mayoría de las especies de peces no exhiben valores finales de pH inferiores a 6.0–6.2 (Daskalova, 2019).

El proceso *post mortem* tiene un fuerte impacto en las propiedades de la textura y el sabor, lo que eventualmente afectará la aceptación del consumidor para el pescado (Longteng *et al.*, 2017). La textura es uno de los principales parámetros para la evaluación física de la calidad de la carne de pescado para productores y consumidores, éste se aplica para imitar lo que ocurre dentro de la boca al momento de masticar (Alves *et al.*, 2022). Los métodos preferidos se han basado en el cizallamiento, sin embargo, se han usado métodos menos destructivos, como la compresión, que al mismo tiempo imitan la evaluación sensorial que se realiza en la industria (Grethe y Durita, 2001).

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto de métodos de aturdimiento en los cambios fisiológicos del músculo y fisicoquímicos de la carne de trucha arcoíris en condiciones de cultivo de producción

Objetivos específicos

- Investigar las condiciones fisiológicas del músculo de la trucha arcoíris por método de aturdimiento
- Comparar las características fisicoquímicas de la carne de trucha arcoíris en cada método de aturdimiento

V. METODOLOGÍA

V.1. Obtención de muestras

Se utilizaron 15 truchas arcoíris de aproximadamente 300-450 g, obtenidas del centro acuícola el Zarco, ubicado en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México, estas fueron seleccionadas y asignadas al azar (n=5) a uno de tres métodos de aturdimiento (T1 percusión, T2 electrocución y T3 congelamiento), posterior al aturdimiento fueron transportadas en condiciones de refrigeración al Laboratorio Veterinario de Ciencia de la Carne y Salud Pública (LVCCySP) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

V.2. Evaluación del rendimiento de las truchas

Para determinar el rendimiento en canal, se realizaron mediciones de las variables morfológicas en las truchas arcoíris con un ictiómetro convencional estas fueron; LT (Longitud Total), LP (Longitud Patrón), AL (Altura) y G (Grosor) en centímetros. Además, se registró el peso *post mortem* de los organismos (PB) y éstos fueron diseccionados obteniéndose los datos del peso de las escamas (S), Aletas (A), vísceras (V), Huesos (H), Cabeza con branquias (CB), Piel (L), Peso filete izquierdo (FI), Peso filete derecho (FD) y Restos totales (RT) con una balanza de precisión PIONEER™ OHAUS® PX2022 (Reino Unido).

V.3. Evaluación de las variables fisicoquímicas

La determinación de las características fisicoquímicas de la carne de trucha arcoíris, se realizó en los filetes obtenidos después de la evisceración, deshuesado y limpieza, mantenidos a temperatura de refrigeración 0-4 °C hasta el momento de su análisis.

La medición del pH se realizó de forma directa sobre el filete siguiendo las especificaciones descritas por Goes *et al.*, (2019) usando un potenciómetro portátil HI9124 HANNA® (Rumania) conectado a un electrodo FC230B HANNA® (Italia) previamente calibrado.

El color de las muestras se determinó con un espectrofotómetro portátil Konica Minolta CM600-d (Osaka, Japón), de acuerdo con el sistema estándar de color CIE-Lab definiendo el espacio cromático en tres coordenadas (L^* , a^* y b^*), las mediciones se realizaron en tres puntos craneal, medial y caudal de los filetes con un tiempo de oxigenación previo de 30 minutos. Con respecto a la determinación de Actividad de Agua (A_w) se extrajo una porción completa de 5 g aproximadamente de carne de cada filete y se midió con un AquaLab 4TE METER (Decagon Devices, Washington, EE. UU.) a una temperatura de 25 °C ($\pm 0,5$ °C).

La Pérdida por Goteo (PG) se realizó mediante lo descrito por Melis *et al.*, (2022) se obtuvieron tres porciones completas del filete con un peso aproximado de $3,0 \pm 0,50$ g y este se consideró como el peso inicial, se suspendieron dentro de un recipiente y se almacenaron en refrigeración durante 48 horas, transcurrido el tiempo se retiraron del recipiente, se pesaron registrando este como peso final, los resultados de la PG se expresaron en porcentaje.

La Capacidad de Retención de Agua (CRA) se realizó considerando el método de compresión descrito por Grau y Hamm (1953) con algunas modificaciones, muestras

de aproximadamente 0.3 g de carne de cada filete se pesaron en una Balanza analítica 120/0,0001g PW124 ADAM (España), la muestra se colocó en medio de dos papeles filtro y entre dos placas plexiglás (15x15 cm), colocando peso constante de 5 kg durante 15 minutos, debido a la fuerza ejercida en la muestra se liberan los líquidos de la carne impregnando el papel considerando esa como el agua libre; los valores de CRA se expresaron en porcentaje.

La Perdida por Cocción (PCC) se determinó mediante el método descrito por Rammouz *et al.*, (2013) registrando el peso inicial del filete, llevándolo a cocción en baño María hasta alcanzar una temperatura de 70 °C en el centro térmico, posteriormente la muestra se enfrió a chorro de agua retirando el líquido exudado por la cocción, se volvió a pesar y se registró el peso final. Todas las mediciones anteriores se realizaron por triplicado.

La textura se determinó usando un analizador de textura Brookfield CT3 AMETEK®, (Pensilvania, EE. UU.) para la prueba de esfuerzo de corte se estandarizaron las muestras a las siguientes dimensiones de 20 mm de largo, 20 mm de ancho y profundidad de 10 mm, estas se evaluaron por triplicado mediante la técnica descrita por la American Meat Science Association Guidelines (AMSA, 1995), el resultado se expresó en Kg/f.

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante un Modelo Lineal General con el procedimiento GLM del software SAS® System versión 9.0, para la comparación de medias se realizó una prueba de Tukey, considerando $P < 0.05$ como nivel de significancia para cada tratamiento.

VI. ACTIVIDADES

- Se realizaron cinco visitas al Centro Acuícola “el Zarco” para reconocimiento del sitio, selección de organismos, muestreo y aplicación de los métodos de aturdimiento y sacrificio.
- Se realizó el acondicionamiento de los organismos para la transportación y obtención de filetes, mediante el pesaje de las estructuras anatómicas para obtención del rendimiento en cada grupo de organismos por método de aturdimiento y se midieron de las variables para la determinación de las características fisicoquímicas de los filetes de trucha arcoíris en el Laboratorio Veterinario de Ciencia de la Carne y Salud Pública.

- Se visitó la UAM Iztapalapa para la medición de textura en los filetes de trucha arcoíris en el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Carne.
- Se participó como integrante del comité organizador del 1^{er} Foro de Investigación Modular “Calidad de los Productos de Origen Animal”, realizado en el trimestre 22-P.
- Participación como ponente y comité organizador del 1^{er} Coloquio de Reproducción Animal, Genética y Ciencia de la Carne, realizado en la UAM-Xochimilco en el trimestre 22-O.
- Participación como integrante del comité organizador del Taller demostrativo de elaboración de productos cárnicos a base de carne de conejo, realizado en el LVCCySP en el trimestre 22-O.
- Se asistió al Taller de Confitería “Transformación de los productos de la colmena” en el marco de las actividades del 11vo. Congreso Internacional sobre Conservación y Utilización de los Recursos Zoogenéticos llevado a cabo en el trimestre 22-O LVCCySP.
- Apoyo en prácticas del módulo de Calidad de los Productos de Origen Animal en la implementación de Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento, Programa Prerrequisitos, Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control, Calidad de la carne y del huevo, en los trimestres 22-P y 22-O.

VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS

- Se cumplió con el objetivo de la evaluación del efecto que tiene la aplicación de métodos de aturdimiento en la carne de trucha arcoíris, así como la manipulación del organismo y aplicación del sacrificio.
- Se consiguió investigar documentalmente los cambios fisiológicos que ocurren en el músculo de la trucha arcoíris a causa de los métodos de aturdimiento.
- Se logró la estandarización de los métodos utilizados para la determinación de las características fisicoquímicas de la carne de pescado mediante el aprendizaje de las metodologías y procedimientos para la operación de los equipos necesarios para las mediciones en la carne de trucha arcoíris.
- Se logró obtener competencias profesionales relacionadas con la evaluación de la calidad de la carne de pescado, calidad de huevo para plato y calidad de la leche mediante la participación en las prácticas modulares, así mismo se

consiguió el trabajo en equipos multidisciplinarios en la organización de los eventos en los que se participó.

- Se consiguió la comunicación y presentación de los resultados en un evento especializado mediante la presentación de cartel “Evaluación de los cambios fisicoquímicos de la carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sometida a diferentes métodos de aturdimiento” en el 1er Coloquio de Reproducción Animal, Genética y Ciencia de la Carne, realizado en la UAM-Xochimilco en el trimestre 22-O.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VIII.1 Condiciones fisiológicas del músculo de la trucha arcoíris

En los peces el estrés ocasiona cambios fisiológicos tanto a nivel celular como a nivel de organismo. La respuesta primaria a un estímulo estresor es producida por la activación de la vía neuroendocrina del eje-hipotálamo-simpático (HPC) y de la vía del eje hipotalámico-hipofisiario-interrenal (HPI) ya que en los peces el conjunto de órganos que responden ante el estrés es denominado de esta manera (Zevallos, 2018). Al secretarse Hormona Adrenocorticotropa (ACTH) a la sangre, ésta actúa sobre el tejido interrenal promoviendo la liberación de cortisol al torrente sanguíneo, el cortisol se considera un indicador de estrés confiable incluso en factores estresantes de acción corta, sin embargo, los cambios fisiológicos y metabólicos suelen depender de la duración de la exposición al cortisol (Zevallos, 2018; Daskalova, 2019).

Otro biomarcador es la glucosa que se puede determinar mediante su concentración en plasma, debido a que tanto la adrenalina como el cortisol están relacionados con el aumento de la producción de glucosa en los peces, estos desempeñan un papel clave en la hiperglucemia inducida por el estrés, aunque se ha observado un retraso en la liberación de este metabolito en el torrente sanguíneo hasta 2 h después del evento estresante (Venturini *et al.*, 2018). Además del cortisol y la glucosa, también se utiliza el lactato como indicador de respuesta al estrés, éste es liberado al plasma como consecuencia de una mayor movilización de energía. Aunado a esto la actividad muscular en los peces se incrementa por las prácticas de manejo. En donde se inicia con la glucólisis y se termina con la formación de lactato producto de la degradación del piruvato (Bermejo *et al.*, 2017).

De acuerdo con Zevallos, (2018) en salmónidos no estresados, los niveles fisiológicos del cortisol varían entre 0 a 82 ng/ml⁻¹ y ante la presencia de un factor de estrés agudo suele elevarse hasta niveles de 40 a 250 ng/ml⁻¹. Por otro lado, información recopilada por Huanca y Carpio, (2017) mencionan que puede elevarse a más de 100 ng/ml en el estrés agudo y en valores normales es de 10-20 ng/ml. Bermejo *et al.*, (2015), considera que el cortisol plasmático en trucha arcoíris sin ser sometidos a estrés es entre 10.12 a 15.56 ng/ml. Por otra parte, en el estudio realizado por Huanca y Carpio, (2017) observaron que los niveles de glucosa están desde los 77.3 mg/dl a 112.5 mg/dl. De acuerdo, con Bermejo *et al.*, (2015) los niveles normales de glucosa son de 71.89 a 78.79 mg/dl.

VIII. 2. Rendimiento de canal de trucha arcoíris

Los resultados de las características morfológicas se presentan en el (Cuadro 1) en donde se observan diferencias significativas ($P < 0.05$), en la variable Longitud Total los especímenes del grupo control presentaron la menor talla (28.3 cm⁻¹) con respecto a los peces de los otros tratamientos, en relación a la Altura y el grosor la diferencia se presentó en los peces del grupo T2 quienes son menos altos y menos gruesos (6.14 y 3.86 respectivamente) comparados con los peces de los otros grupos, esto se puede relacionar con los resultados de las variables Peso de la canal y peso de las Vísceras para el rendimiento de la canal (Cuadro 2).

Cuadro 1. Mediciones morfológicas de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sometida a diferentes métodos de aturdimiento

Variables	Tratamientos			Error Estándar	Significancia
	T1 ²	T2	T3		
LT ¹	28.28 ^b	31.10 ^{ba}	32.18 ^a	0.97	0.0397
LP	28.08 ^a	25.32 ^a	27.08 ^a	1.11	0.2449
AL	7.58 ^a	6.14 ^b	7.06 ^{ba}	0.32	0.0217
G	4.30 ^{ba}	3.86 ^b	4.70 ^a	0.20	0.0318

¹ LT= Longitud Total; LP= Longitud Patrón; AL= Altura; G= Grosor, expresado en centímetros.

² T1=Método de aturdimiento por percusión; T2=Método de aturdimiento por electrocución; T3= Método de aturdimiento por congelación.

a, b, c Literales diferentes en la misma línea indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

Para los valores de rendimiento se presentaron diferencias significativas (Cuadro 2) en las variables. En relación con el peso *post mortem* y el peso de las vísceras los peces del T3 reportaron los mayores valores (394.25 y 92.16 g respectivamente) con respecto a los otros tratamientos ($P < 0.05$) estos resultados se relacionan con los obtenidos en las variables morfológicas Longitud total y Grosor. De acuerdo con García *et al.*, (2004), esta relación es importante debido a que son las variables que contribuyen en mayor proporción a definir el rendimiento.

Los restos totales (coágulos, trozos de piel, carne, espinas etc.) que se obtuvieron en la disección fueron de mayor cantidad en el T1 (10.42 g) debido a la dificultad presentada al momento de su manipulación a causa de su menor tamaño, lo cual se relaciona con sus variables morfológicas descritas en el cuadro 1.

En relación con las variables Huesos, Cabeza con Branquias y Piel, estas no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Resultados de las variables de rendimiento de la canal de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sometida a diferentes métodos de aturdimiento.

Variables	Tratamientos			Error Estándar	Significancia
	T1 ²	T2	T3		
PB ¹	368.11 ^{ba}	307.59 ^b	394.25 ^a	19.21	0.0218
S	3.81 ^a	2.94 ^a	3.41 ^a	0.45	0.4259
A	8.94 ^a	7.82 ^a	11.48 ^a	1.55	0.2704
V	69.52 ^{ba}	48.98 ^b	92.16 ^a	7.06	0.0035
H	22.02 ^a	19.21 ^a	18.29 ^a	1.75	0.3250
CB	50.19 ^a	39.55 ^a	50.21 ^a	3.16	0.0533
L	13.66 ^a	15.23 ^a	12.75 ^a	1.03	0.2632
FA	73.13 ^b	73.71 ^b	93.73 ^a	4.89	0.0177
FB	65.51 ^b	80.30 ^{ba}	89.76 ^a	4.96	0.0150
RT	10.42 ^a	3.37 ^b	4.02 ^b	1.53	0.0125
REN	37.47 ^b	50.15 ^a	46.70 ^a	1.30	<0.0001

¹ PB= Peso *post mortem*, S= Escamas, A= Aletas, V= Vísceras, H= Huesos, CB= Cabeza con Branquias, L= Piel, FI= Peso Filete Izquierdo, FD= Peso Filete Derecho, RT= Restos Totales, REN= Rendimiento de la canal.

² T1=Método de aturdimiento por percusión; T2=Método de aturdimiento por electrocución; T3= Método de aturdimiento por congelación.

a, b, c Literales diferentes en la misma línea indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

Con respecto a los resultados obtenidos del rendimiento de la canal se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), los peces aturdidos con electrocución reportaron el mayor rendimiento en canal (50.15 %) con respecto a los otros dos tipos de aturdimiento. De acuerdo con información recopilada por Vázquez, (2017), el rendimiento en canal de la trucha arcoíris es aproximadamente de un 85 a 90%, tomando en cuenta un peso estimado a la captura entre 276 a 325 g. En contraste, García *et al.*, (2004) encontró rendimiento de 54.52% y 54.38%, mientras que el estudio realizado por Solís y Tello, (2022) agruparon por pesos las truchas teniendo la siguiente relación; grupo I (69.21 a 195.06 g), grupo II (205.32 a 299.56) y grupo III (301.90 a 479.50g), obtuvieron un rendimiento de la canal de trucha fileteada en el grupo I de 52,1%, grupo II de 51,0% y grupo III de 51,7% y en el rendimiento de la canal de trucha eviscerada el grupo I tuvo un 75,6%, grupo II de 80,1% y grupo III de 83,0%.

VIII.3. Características fisicoquímicas de la carne de trucha arcoíris

Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) por efecto de los métodos de aturdimiento evaluados, éstas se muestran en el Cuadro 3. Las principales diferencias se observaron en el pH y la CRA ($P = 0.0001$) siendo el método de percusión el que reportó los menores valores en ambas variables (5.79 y 66.40% respectivamente). De acuerdo con Bermejo-Poza *et al.*, (2021) indicaron que la reducción del pH del músculo *post mortem* afecta directamente a la capacidad de retención de agua (CRA) ya que a medida que el pH disminuye, la carga superficial neta de las proteínas musculares se reduce, causando su desnaturalización y la pérdida parcial de su CRA. A diferencia de la carne de mamíferos, la carne de pescado es pobre en glucógeno y aunque el pH final en algunos peces puede ser tan bajo como 5.4–5.6, la mayoría de las especies de peces no exhiben valores finales de pH inferiores a 6.0–6.2 (Daskalova, 2019).

Cuadro 3. Resultados de los cambios fisicoquímicos de la carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sometida a diferentes métodos de aturdimiento.

Parámetro fisicoquímico	Tratamientos			Error Estándar	Significancia
	T1 ²	T2	T3		
pH ¹	5.79 ^c	6.27 ^a	6.23 ^b	0.008	<0.0001
L*	52.67 ^b	53.59 ^{ba}	54.60 ^a	0.47	0.0161
a*	0.25 ^a	0.57 ^a	0.23 ^a	0.253	0.0678
b*	7.57 ^a	6.47 ^a	6.36 ^a	0.40	0.0629
aw	0.994 ^a	0.993 ^a	0.993 ^a	0.0002	0.0465
CRA	66.40 ^b	69.72 ^a	71.28 ^a	0.58	<0.0001
PG	4.24 ^a	3.73 ^a	3.69 ^a	0.26	0.4965
PCC	17.65 ^a	17.66 ^a	14.93 ^a	1.86	0.2595
Ec	0.81 ^b	1.30 ^a	1.10 ^{ba}	0.12	0.0226

¹ pH= potencial de hidrógeno, L*=coordenada de luminosidad; a*=coordenada tendencia al rojo; b*=coordenada tendencia al amarillo; aw= Actividad de agua; CRA=Capacidad de Retención de Agua en %; PG=Pérdida por Goteo en %; PCC=Pérdida por cocción en %; Ec= Esfuerzo de corte kg/f.

² T1=Método de aturdimiento por percusión; T2=Método de aturdimiento por electrocución; T3= Método de aturdimiento por congelación.

a, b, c Literales diferentes en la misma línea indican diferencia estadística (P<0.05)

Con respecto al color en la coordenada de luminosidad (L*) las diferencias (P<0.05) se presentaron entre los tratamientos de percusión (52.67) y congelamiento (54.60) siendo esta última la que presenta mayor luminosidad. Una caída muy rápida en el pH muscular de la carne de trucha arco iris debido al estrés afecta los parámetros de color (alta luminosidad, tono y valores de croma) haciendo que la carne parezca más clara y opaca que la de los peces no estresados como lo ha reportado Concollato *et al.*, (2018). Esto concuerda con Zybert (2022), ya que menciona que el grado de disminución del pH está estrechamente relacionado con eventos estresantes dando como resultado una pérdida de agua elevada y una dispersión de luz alterada lo que provoca un color de la carne más claro.

En la Perdida por Goteo, no hubo diferencias significativas (P>0.05). Lo cual se relaciona con lo descrito por Concollato *et al.*, (2018) ya que explica que este parámetro es una medida indirecta de la capacidad del músculo para retener agua en los tejidos, por lo tanto, los valores altos para este parámetro generalmente hacen que los filetes se vuelvan menos jugosos.

En relación con la textura medida mediante el esfuerzo de corte el T2 presentó un valor mayor en la textura (1.30 kg/f) observándose las diferencias significativas ($P=0.0226$) con respecto a los resultados de los otros tratamientos. En contraste con estos resultados, Concollato *et al.*, (2018) en su estudio no reportaron significancia en los métodos de aturdimiento utilizados (eléctrico, asfixia en el aire y asfixia con CO_2) ya que éstos no afectaron las propiedades texturales de los filetes de trucha arcoíris. Por otro lado, Zotte *et al.*, (2020) en sus resultados revelaron que el estrés previo al sacrificio afecta la firmeza de los filetes de trucha según la gravedad y la duración del estrés, ya que en el método de aturdimiento eléctrico el estrés producido a corto plazo condujo a un ablandamiento muscular.

Es importante mencionar, que la dureza de la carne se relaciona con las características estructuras del colágeno y las miofibrillas, además la carne de pescado se ablanda después de 24 horas de almacenamiento en refrigeración (Vázquez, 2017).

IX. CONCLUSIÓN

El método por percusión es un evento estresante para la trucha arcoíris mostrando un efecto negativo directamente en la calidad de la carne, un efecto similar se observó con el aturdimiento por congelamiento ya que estos dos aturdimientos ocasionaron carne más opaca.

El aturdimiento por electrocución parece no afectar negativamente las características fisicoquímicas de la carne de trucha arcoíris por lo que se puede considerar el método más conveniente para el aturdimiento.

X. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la realización de estudios que evalúen el efecto de los métodos de aturdimiento en el rendimiento de la canal y la calidad de la carne ya que en el país existe una carencia de dicha información vigente y pertinente relacionada con la especie; los datos generados permitirán a los productores, tomar decisiones más informadas en relación con el aturdimiento de los peces y obtener un mayor retorno económico de su actividad productiva.

Se sugiere la estandarización en la configuración de los parámetros de determinación de textura para la aplicación en diferentes especies de peces.

XI. AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al Biól. Gregorio Hernández Silverio, encargado del Centro Acuícola “El Zarco”, así como al Dr. Alejandro Ávalos Rodríguez, profesor investigador del Departamento de Producción Agrícola Animal, al Dr. Francisco Héctor Chamorro Ramírez encargado del Laboratorio Veterinario de Ciencia de la Carne y Salud Pública de la UAM Xochimilco y a la Dra. María de Lourdes Pérez Chabela encargada del Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Carne de la UAM Iztapalapa por su apoyo en la realización de las actividades de esta investigación.

XII. REFERENCIAS

1. Aaslyng, M.D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H.C. y Andersen, H.J. (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Quality and Preference*. 14(4): 277–288. <https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/abs/pii/S0950329302000861?via%3Dihub>
2. Alves de Aguiar, B. Y., Alves do Rosario, D. K., Monteiro, M.L.G., Borges, M. S., Fernandes, D. I. y Conte-Junior C.A. (2022). Texture Profile Analysis: How Parameter Settings Affect the Instrumental Texture Characteristics of Fish Fillets Stored Under Refrigeration?. *Food Analytical Methods*. 15:144–156.
3. AMSA. (1995). Pautas de investigación para cocina, evaluación sensorial y ternura instrumental Mediciones de carne fresca. Chicago: American Meat Science Association (AMSA) y National Live Stock and Meat Board.
4. Bermejo, P.R., De La Fuente, J., Pérez C., Lauzurica S. S, González De Chavarri E., Díaz, R. M. T., Torrent M. y Villarroel R.M. (2015). Efecto de los grados día de ayuno y del hacinamiento previos al sacrificio sobre el contenido estomacal y respuesta de estrés en trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*). *Fac. Vet. Dpto. Prod. Animal. XVI Jornadas sobre Producción Animal*. (2): 588.590.
5. Bermejo, P. R. (2017). Repercusiones sobre el bienestar y la calidad de la carne del manejo previo sacrificio de la trucha arcoíris. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/42985/1/T39053.pdf>
6. Bermejo-Poza, R., Fernández-Muela, M., De la Fuente, J., Pérez, C., González, C. E., Díaz, M.T., Torrent, F. y Villarroel, M. (2021). Effect of ice

- stunning versus electronarcosis on stress response and flesh quality of rainbow trout. 538. 736586.
<https://scimedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0044848621002489?via%3Dihub>
7. Betanzo, T. E.A., Piñar, A. M.A., Sandoval, H. L.C., Molina, N. A., Rodríguez, M. I. y González, M. R.H. (2020). Factors That Limit the Adoption of Biofloc Technology in Aquaculture Production in Mexico. Food Science Source. 12(10): 2775-2775.
 8. Betanzo, T. E.A., Piñar, A. M.A., Sierra, C. C.G., Santamaria, G. L.E., Loeza, M. J.L. y Sandoval, H. L.C. (2021). Proposal of Ecotechnologies for Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Production in Mexico: Economic, Environmental, and Social Implications. Food Science Source. 13(12): 6853
 9. Concollato, A., Zotte, D. A., Vargas, C. S., Cullere, M., Secci, G. y Parisi, G. (2018). Effects of three different stunning/slaughtering methods on physical, chemical and sensory changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of the Science of Food and Agriculture. 99(2): 613-619.
<https://wiley.uam.elogim.com/doi/full/10.1002/jsfa.9222>
 10. Cuevas, A. A., Arias, M. J.L. y Ezquerro, B. J.M. (2015). Cambios químicos y bioquímicos de filetes de pescado refrigerados mediante hielo. Análisis, Calidad y Procesamiento de los alimentos en México. Sección 1. 75-94.
 11. Daskalova, A. (2019). Farmed fish welfare: stress, post-mortem muscle metabolism, and stress-related meat quality changes. International Aquatic Research. 11: 113-124.
<https://springerlink.uam.elogim.com/article/10.1007/s40071-019-0230-0>
 12. Davie, P.S. y Kopf, R.K. (2006). Physiology, behaviour and welfare of fish during recreational fishing and after release. New Zealand Veterinary Journal 54:161-172.
 13. De la Cruz-Cruz, Luis., Guerrero L. I., Roldán S. P. y Mota R. D. (2018). Aturdimiento de peces.
https://www.researchgate.net/publication/333088478_Aturdimiento_de_peces
 14. Diaz-Villanueva, J., Robotham, H. (2015). Comparison of two slaughtering procedures in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Latin American Journal of Aquatic Research 43:287-294.

15. García, M. J.A., Núñez, G. F.A., Chacón, P. O., Alfaro, R. R.H. y Espinosa, H. M.R. (2004). Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. *Hidrobiológica*. 14(1): 19-26. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972004000100003&script=sci_arttext
16. Goes, R. E.S., Goes, D. M., Castro, P. L., Ferreira, L. J.A., Pelaes, V. A.C. y Pereira, R. R. (2019). Imbalance of the redox system and quality of tilapia fillets subjected to pre-slaughter stress. *PLoS ONE*. 14(1): e0210742. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210742>.
17. Grau R. y R. Ham 1953. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften*. 40:29
18. Greaves, F. N. (2015). La acuicultura: una alternativa para garantizar una seguridad alimentaria sustentable. *Hospital ESDAI*. 28: 61-78. <https://edsp.uam.elogim.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=2048cbb6-3c08-43bd-8b2a-41816d78edeb%40redis>
19. Grethe, H. y Durita, N. (2001). A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies*. 32: 219-242.
20. Grunow, B., Stange, K., Bochert, R. y TöniBen, K. (2021). Histological and biochemical evaluation of skeletal muscle in the two salmonid species *Coregonus maraena* and *Oncorhynchus mykiss*. *PLoS ONE* 16(8): e0255062. <https://edss.uam.elogim.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=aa91fa3f-bf80-4de5-bf4e-6c0104fb04cd%40redis>
21. Hernández, H. LH. y Carrillo, L. JA. (2018). Cultivo de trucha arcoíris en México: retos que enfrenta la producción sustentable. *Ciencia Pesquera*. 26(2): 59-64.
22. Hjelmstedt, P., Sundell, E., Brijs, J., Iceberg, C., Sandblom, E., Líneas, J., Maselsson, M. y Gräns, A. (2022). Assessing the effectiveness of percussive and electrical stunning in rainbow trout: Does an epileptic-like seizure imply brain failure?. *Aquaculture*.
23. Huanca, R. E.U. y Carpio, V. B. (2017). Niveles de cortisol y glucosa como indicadores de estrés en truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), utilizando

- anestésicos en la Laguna de Arapa. Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado-UNA. 6(3): 234-243.
24. Hui, Y.H., Guerrero, L. I. y Rosmini, R. M. (2013). Ciencia y tecnología de carnes. Limusa.
25. Kulawik, P., Migdal, W., Tkaczewska, J. y Özoğul, f. (2016). Assessment of Color and Sensory Evaluation of Frozen Fillets from Pangasius Catfish and Nile Tilapia Imported to European Countries. International Journal of Food Properties. 19(7); 1439-1446.
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10942912.2015.1079790>
26. Longteng, Z., Qian, L., Jian, L., Chunli, K., Sijia, S. y Yongkang, L. (2017). The impact of stunning methods on stress conditions and quality of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4°C during 72h postmortem. Food Chemistry. 216(1): 130-137.
<https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0308814616312341>
27. Longteng, Z., Ping, G., Yuqi, Z., Jun, L., Qian, L., Hui, H. y Yongkang, L. (2019). Assessment of structural, textural, and gelation properties of myofibrillar protein of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) modified by stunning and oxidative stress. LWT. 102: 142-149.
<https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0023643818310880>
28. Mejía, E. D., Casanova, D. Y., Cárdenas, G. L., García, R. y Sánchez, I. A. (2016). Variables productivas y bienestar animal de trucha en un sistema de recirculación versus aireación convencional. Livestock Research for Rural Development. 28(7): 126. <http://www.lrrd.org/lrrd28/7/casa28126.html>
29. Melis, R., Vitangeli, I. y Anedda, R. (2022). Effect of fish diet and cooking mode on the composition and microstructure of ready-to-eat fish fillets of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. Journal of Food Composition and Analysis. 114. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157522004653>
30. OIE. (2021). Aspectos relativos al bienestar en el aturdimiento y la matanza de peces de cultivo para consumo humano. Código Sanitario para los Animales Acuáticos. Capítulo 7.3
31. Oliveira, F. P.R.C., Oliveira, C.A.F., Sobral, P.J.A., Balieiro, J.C.C., Natori, M.M. y Viegas, E.M.M. (2015). How stunning methods affect the quality of Nile tilapia meat. CyTA Journal of Food. 13(1);56-62.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2014.911211>

32. Öztürk, D. K., Baki, B., Öztürk, R., Karayücel, S. y Gören G. U. (2019). Determination of growth performance, meat quality and colour attributes of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Southern Black Sea coasts of Turkey. *Aquaculture Research*. 50(12): 3763-3775. <https://wiley.uam.elogim.com/doi/full/10.1111/are.14339>
33. Pérez, L.R. y Villar, G. (2022). Consideraciones sobre el rendimiento en canal del ganado de engorda. BMEditores. Edición junio-julio. 16-23 p. <https://bmeditores.mx/ganaderia/revistas/e-ganadero-jun-jul22/>
34. Platas-Rosado, D.E., Hernández-Arzaba, J.C. y González-Reynoso, L. (2017). Importancia económico y social del sector acuícola en México. *Agro Productividad*. 10(2): 19-24. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/947/806>
35. Rammouz El, R., J. Abboud, M. Abboud, A. El Mur, S. Yammine y B. Jammal. (2013). Physicochemical characteristics of fillet in commercial freshwater (*Oncorhynchus mykiss*) subjected to two different slaughter methods. *J. of Applied Sciences Research*. 9(10):6404-6413.
36. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural SADER (2018). Centro Acuícola el Zarco, referente Nacional en la producción de trucha, cumple 75 años. Página Oficial SADER. <https://www.gob.mx/agricultura/edomex/articulos/centro-acuicola-el-zarco-referente-nacional-en-la-produccion-de-cumple-75-anos?idiom=es>. Consultado el 20 de julio de 2022.
37. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural SADER. (2021). La trucha mexicana. Página oficial SADER <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-trucha-mexicana?idiom=es>, consultado el 20 de julio de 2022.
38. Salazar-Duque, D., Holguín, J.P., Estrella, I. A. y Lomas, M. G. (2019). Mejoramiento de la calidad en la carne de la trucha arcoíris mediante la técnica de sacrificio Ikejime: caso Ecuador. 26(1): <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7069708>
39. Sepúlveda, H.S., Gómez, D. W., García, M. D., Moctezuma, P.S. y Vizcarra, B. I. (2021). Una aproximación a la innovación inclusiva entre productores de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Estado de México. *Iberoforum. Revista de Ciencias Sociales*. 1(2): 1-31. <https://www.redalyc.org/journal/2110/211069072009/>

40. Solís, R. J.L. y Tello, S. R. (2022). Calidad de la canal de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), comercializada en la ciudad de Huancayo. Journal of Agri-Food Science. 1(1): 61-65.
<https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/jafs/article/view/1442/1610>
41. Song, S., Yan, J., Xiaochang, L., Yongkang, L. y Liang, G. (2015). Quality assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during super chilling and chilled storage. Journal of Food Science and Technology. 52: 5204–5211.
<https://springerlink.uam.elogim.com/article/10.1007/s13197-014-1539-8#citeas>
42. Vázquez, M. A.A. (2017). Factores que afectan la calidad de carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y técnicas instrumentales y no instrumentales para su determinación. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.
43. Venturini, F. P., Baldi, S. C. V. Parisi, G., Costa, T. D., Rucinque, D. S., Melo, M. P. Viegas, E. M. M. (2018). Effects of different stunning methods on blood markers and enzymatic activity of stress responses of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Italian Journal of Animal Science. 17(4): 1094-1098.
44. Zevallos, de la T. S. (2018). Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac. Tesis de Maestría. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
45. Zotte, D.A., Concollato, A., Secci, G., Cullere, M. y Parisi, G. (2020). Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed at two different temperatures: Post rigor mortis changes in function of the stunning method. Czech Journal of Animal Science. 65(09): 354-364.
<https://edsp.uam.elogim.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=2c97cea7-4723-40c1-ab5c-dcfc65af6812%40redis>
46. Zybert, A. (2022). Quantification of the Effects of Electrical and CO₂ Stunning on Selected Quality Attributes of Fresh Pork: A Meta-Analysis. 12(14): 1811.